

Artículo original

doi: 10.35366/104565

Cirugía de escoliosis en pacientes con mielomeningocele

Scoliosis surgery in patients with myelomeningocele

Bosio S,* Puigdevall M,* Maenza R*

Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN. Objetivo: Evaluar en forma retrospectiva los resultados obtenidos y las complicaciones presentadas en el tratamiento quirúrgico de pacientes con escoliosis neuromuscular secundaria a mielomeningocele. **Material y métodos:** Entre Julio de 1991 y Julio de 2018 fueron tratados quirúrgicamente 40 pacientes consecutivos con diagnóstico de escoliosis neuromuscular secundaria a mielomeningocele, a quienes se les realizó artrodesis vertebral. **Resultados:** El promedio de observación fue de 10 años (rango de 2-27 años). Fueron 19 pacientes masculinos y 21 femeninos, con un promedio de edad de 13 años. La magnitud promedio de la curva escoliótica fue de 90° en el prequirúrgico y de 43° en el último control. Corrección promedio de 52%. La magnitud promedio de la oblicuidad pélvica fue de 19° en el prequirúrgico y de 9° en el último control. Corrección promedio de 53%. La magnitud preoperatoria del balance coronal fue de 28.4 mm, al último control fue de 17 mm. Corrección promedio de 40%. La magnitud promedio de la cifosis fue de 50° en el prequirúrgico y de 41° en el último control. Corrección promedio de 18%. El balance sagital prequirúrgico fue de 63.3 mm, al último control fue de 38.3 mm. Corrección promedio de 40%. Hubo 13 complicaciones (32.5%), la infección fue la complicación observada con mayor frecuencia. **Conclusión:** Los principales objetivos de la estabilización quirúrgica en pacientes con mielomeningocele son obtener una columna estable, balanceada y sin dolor. Sin embargo, el tratamiento quirúrgico de estos pacientes continúa siendo difícil y está asociado a un alto porcentaje de complicaciones.

Palabras clave: Escoliosis neuromuscular, mielomeningocele, tratamiento quirúrgico, complicaciones.

ABSTRACT. Objective: The aim of the study was to evaluate the outcomes and complications in patients with myelomeningocele who have undergone spinal fusion for neuromuscular scoliosis. **Material and methods:** Retrospective study of 40 consecutive patients with myelomeningocele with neuromuscular scoliosis who underwent spinal arthrodesis, treated at our center between July 1991 and July 2028. **Results:** Mean follow up was 10 years. There were 19 male and 21 females. The average age at operation was 13 years. The mean preoperative scoliosis curve was 90°. At last follow up, the mean scoliosis curve was 43°. Mean correction of 52%. The average of pelvic obliquity was 19°. At last follow up de obliquity was 9°. Mean correction of 53%. The mean preoperative coronal balance was 28.4 mm. At the last follow up it was 17 mm. Mean correction of 40%. The mean preoperative kyphosis was 50°. At the last follow up it was 41°. Mean correction of 18%. The mean preoperative sagittal balance was 63.3 mm. At the last follow up it was 38.3 mm. Mean correction of 40%. There were 13 complications (32.5%), with infection being the most frequently observed complication. **Conclusions:** The goals of the spinal surgery in patients with MMC are to obtain a stable, balanced and painless spinal fusion. Although the surgical treatment of these patients remains difficult, it is associated with high complication rate.

Keywords: Neuromuscular scoliosis, myelomeningocele, surgical treatment, complications.

Nivel de evidencia: IV

* Ortopedia y Traumatología. Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia:

Santiago Bosio
Billinghurst 1682, 7 A, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C.P. 1425, Buenos Aires, Argentina.
E-mail: santiago.bosio@hospitalitaliano.org.ar

Recibido: 9-12-2020. Aceptado: 30-11-2021.

Citar como: Bosio S, Puigdevall M, Maenza R. Cirugía de escoliosis en pacientes con mielomeningocele. Acta Ortop Mex. 2021; 35(5): 399-404. <https://dx.doi.org/10.35366/104565>



Introducción

La Scoliosis Research Society (SRS) define como escoliosis neuropática (EN) a toda deformidad espinal originada por lesión de la motoneurona superior o inferior, siendo el mielomeningocele (MMC) la patología más frecuente de lesión de la motoneurona inferior. El MMC es una malformación congénita grave que tiene un gran impacto en la vida de los pacientes.^{1,2,3} Este se produce por fallo en el cierre del tubo neural al final del primer mes de la vida embrionaria.⁴ Una de las complicaciones esqueléticas más frecuente y grave observada en estos pacientes es la escoliosis, la cual puede provocar compromiso respiratorio, disminución de la movilidad, úlceras por decúbito, problemas para sentarse y deambular y en algunos casos empeorar los síntomas neurológicos.^{5,6} La incidencia de escoliosis en pacientes con MMC varía ampliamente. De acuerdo con lo publicado en la literatura, ésta puede ser entre 25 y 85%, dependiendo del nivel de disrafismo vertebral y del nivel de la lesión medular. La causa de escoliosis en estos pacientes suele ser multifactorial, siendo la debilidad de los músculos paraespinales y de los miembros inferiores, las malformaciones vertebrales (hemivértebras, vértebras en cuña, etcétera), la espasticidad muscular, la oblicuidad pélvica y la luxación de cadera, los factores más importantes que contribuyen al desarrollo de la escoliosis.^{7,8}

El tratamiento ortésico es de resultado impredecible, está indicado con el objetivo de retrasar la fusión definitiva en pacientes esqueléticamente inmaduros.^{9,10} La cirugía es el tratamiento de elección en pacientes con deformidades espinales severas, los objetivos principales de ésta son lograr una adecuada corrección, estabilización y una artrodesis sólida de la deformidad para conseguir un correcto balance del tronco y de la pelvis, evitar la progresión de la escoliosis, mejorar la sedestación y evitar las complicaciones inherentes a la misma. Sin embargo, la tasa de complicaciones intra- y postoperatoria inmediata y tardía es muy alta, habiéndose reportado una incidencia entre 20-70%.^{8,11,12}

El objetivo de este trabajo es evaluar en forma retrospectiva los resultados obtenidos y las complicaciones presentadas en el tratamiento quirúrgico de pacientes con escoliosis neuropática secundaria a MMC.

Material y métodos

Se evaluó retrospectivamente a todos los pacientes con diagnóstico de escoliosis neuropática secundaria a mielomeningocele que fueron tratados quirúrgicamente para corregir su deformidad espinal entre Julio de 1991 y Diciembre de 2018. Se incluyeron en el estudio: 1) pacientes menores de 18 años de edad, 2) que no habían tenido cirugía previa para el tratamiento de la escoliosis, 3) con un seguimiento postoperatorio mínimo de dos años, y 4) que tuvieran tres espinogramas como mínimo (realizadas antes de la cirugía, en el postoperatorio inmediato y a los dos años de la cirugía) y que incluyeran la totalidad de la columna y la pelvis.

Se indicó tratamiento quirúrgico en aquellos pacientes en quienes se observó progresión clínica y radiográfica de la deformidad espinal, aumento de la oblicuidad pélvica, dolor por compresión de las costillas con la pelvis y deterioro importante del estatus funcional.

Se realizó evaluación de la historia clínica y de las imágenes radiográficas de donde se extrajeron los siguientes datos: demográficos (sexo y edad al momento de la cirugía), clínicos, estatus neurológico (se utilizó la clasificación de CANeO [Capítulo Argentino de Neuroortopedia]), tipo de curva escoliótica, cirugía realizada, niveles fusionados y las complicaciones postquirúrgicas observadas hasta el último control. Todos los pacientes son evaluados previamente por el Servicio de Neurocirugía a fin de evaluar su estatus neuroquirúrgico (necesidad de cirugías previas, función valvular, etcétera). Las complicaciones fueron clasificadas de acuerdo con el sistema modificado de Clavien-Dindo para cirugía ortopédica.¹³ Este sistema clasifica las complicaciones en cuatro tipos: I: no requiere tratamiento; II: requiere tratamiento farmacológico; III: requiere admisión o tratamiento quirúrgico; IV: complicación con riesgo de vida.

Para el análisis radiográfico se realizaron espinogramas de frente y perfil, sentado o parado según el estatus neurológico del paciente. Se incluyeron: el espinograma prequirúrgico, el postquirúrgico inmediato y el del último control (*Figuras 1 y 2*). Se utilizó el método de Cobb para la medición de las curvas en el plano coronal y sagital. Los parámetros analizados en plano frontal fueron: magnitud de la curva escoliótica, oblicuidad pélvica (ángulo formado entre la línea tangencial entre ambas espinas ilíacas anterosuperior y la paralela al piso) y balance coronal global (distancia horizontal desde la línea de la plomada del centro del cuerpo de C7 respecto de la línea vertical sacra media).

En el plano sagital se analizó: la cifosis dorsal (desde el platillo cefálico de T3 hasta el platillo caudal de T12) y el balance sagital global (distancia horizontal desde la línea de la plomada desde C7 respecto del ápex posterior de S1). También se evaluó la integridad y posición de los implantes.

Resultados

Se realizó una evaluación retrospectiva y descriptiva de una serie de casos. La serie constó de 40 pacientes (19 de sexo masculino y 21 de sexo femenino). El promedio de edad al momento de la intervención quirúrgica fue de 13 años (rango de 8-18 años). De acuerdo con la clasificación de CANeO, 75% de los pacientes correspondían al grupo 0 y 25% al grupo 1. Todos los pacientes dependían de la silla de ruedas, por lo cual todas las radiografías se tomaron con los pacientes sentados. El patrón de curva fue torácico en ocho pacientes (20%), toracolumbar en ocho (20%), doble curva en 14 (35%) y lumbar en 10 (25%). El seguimiento promedio postquirúrgico fue de 10 años (rango de 2-27 años). Todos los pacientes de la serie eran alérgicos al látex, por lo que la cirugía espinal se realizó en quirófanos preparados para esta situación.

En 16 pacientes se realizó una fusión anteroposterior, utilizando solamente en seis pacientes instrumentación anterior, debido al importante disrafismo que presentaban. En 10 pacientes se realizaron los dos tiempos quirúrgicos en un mismo día, mientras que en los otros pacientes las cirugías fueron realizadas en diferentes días. En los 24 pacientes restantes se realizó una artrodesis vertebral posterior instrumentada (AVPI). En todos los pacientes se incluyó la pelvis en la artrodesis, en 15 (37.5%) se utilizó la técnica de Luque-Galveston y en los 25 pacientes restantes (62.5%) se realizó la fijación a la pelvis con tornillos ilíacos. En todos los casos, el tiempo quirúrgico anterior se realizó mediante un abordaje toracoabdominal retroperitoneal, realizando remoción de los discos intervertebrales y se utilizó injerto óseo autólogo tomado de costilla para realizar la artrodesis anterior y se utilizó injerto alogénico de banco de huesos para realizar la artrodesis vertebral posterior. En los pacientes que se les realizó una artrodesis vertebral posterior instrumentada como único gesto quirúrgico, se utilizó para la artrodesis injerto óseo autólogo e injerto alogénico de banco óseo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. Plano frontal

a. Curva escoliótica: la magnitud promedio preoperatoria de la curva escoliótica mayor fue de 90° (rango 43° - 137°). El promedio en el postoperatorio inmediato fue

de 39° (rango 5 - 75°). Corrección promedio de 56%. La deformidad promedio observada en el último control fue de 43° (rango 5 - 75°). Corrección promedio de 52% con respecto al prequirúrgico.

- b. Balance coronal global: la magnitud promedio preoperatoria del balance coronal fue de 28.4 mm (rango 0 - 76 mm) en el prequirúrgico, de 14.5 mm (rango 0 - 40 mm) en el postquirúrgico inmediato y de 17 mm (rango 0 - 44 mm) en el último control. Corrección promedio de 40% con respecto al prequirúrgico.
- c. Oblicuidad pélvica: la magnitud promedio prequirúrgica de la oblicuidad pélvica fue de 19° (rango 0 - 48°) en el prequirúrgico y de 7° (rango 0 - 23°) en el postquirúrgico inmediato. Corrección promedio de 63%. En el último control la oblicuidad pélvica fue de 9° (rango 0 - 27°). Corrección promedio de 53% con respecto al prequirúrgico.

2. Plano sagital

- a. Cifosis: la magnitud promedio prequirúrgica de la cifosis torácica fue de 50° (rango 5 - 151°) en el prequirúrgico y de 37° (rango 5 - 70°) en el postquirúrgico inmediato. Corrección promedio de 26%. En el último control la cifosis fue de 41° (rango 5 - 75°). Corrección promedio de 18% con respecto al prequirúrgico.
- b. Balance sagital: la magnitud promedio preoperatoria del balance sagital fue de 63.3 mm (rango 15 - 115 mm) en el prequirúrgico, de 30.4 mm (rango 4 - 114 mm) en el



Figura 1: Pre- y post-Rx. Artrodesis vertebral posterior instrumentada.

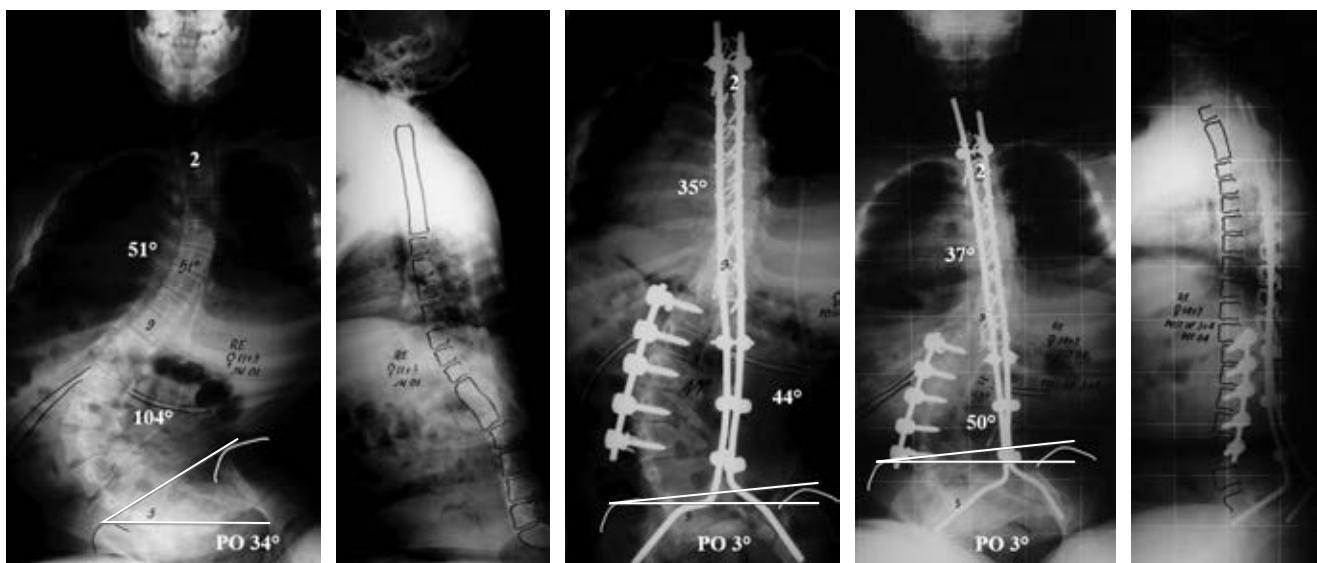


Figura 2: Pre- y post-Rx. Artrodesis vertebral anterior y posterior instrumentada.

postquirúrgico inmediato y de 38.3 mm (rango 4-160 mm) en el último control. Corrección promedio de 40% con respecto al prequirúrgico.

- Complicaciones: hubo 13 complicaciones en 13 pacientes (32.5%), ocho (61.5%) presentaron infección de la herida quirúrgica. En cinco casos la infección fue superficial, se trató con antibióticos de amplio espectro y con la colocación de sistema de aspiración continuo hasta el cierre total de la herida. Tres pacientes necesitaron nuevas cirugías por presentar infecciones profundas. Los organismos bacterianos cultivados fueron todos gramnegativos (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus*). En un solo caso fue necesario realizar el retiro del instrumental, mientras que en los otros casos se colocó, luego de realizar las *toilettes* quirúrgicas correspondientes, un sistema de aspiración continuo hasta el cierre de la herida.

En todos los casos se utilizaron antibióticos de amplio espectro; primeramente, se realizó tratamiento intravenoso por 15 días hasta tener la sensibilidad del cultivo y luego se les rotó a antibióticos específicos vía oral por un mes. En ninguno de los pacientes infectados fue necesario realizar colgajos para el cierre de la herida. En todos los casos se utilizó el sistema de aspiración continuo hasta el cierre de la herida.

En tres pacientes (23%) se observó falla del instrumental quirúrgico, lo cual se podría interpretar por falla o falta de consolidación ósea (pseudoartrosis). Un paciente operado con la técnica de Luque-Galveston presentó ruptura de los alambres con desacople de la barra, por lo cual fue necesario el retiro del instrumental. Los otros dos pacientes presentaron desacople de la barra de los tornillos pélvicos, en ellos fue necesario realizar nueva cirugía para solucionar dicho problema. En ninguno de los tres casos fue necesario colocar injerto óseo.

Dos pacientes (15.3%) presentaron disfunción de la válvula de derivación ventrículo peritoneal después del mes de la cirugía, por lo cual fue necesario realizar el recambio de éstas.

Según la clasificación de Clavien-Dindo para cirugía ortopédica, cinco pacientes fueron del grupo II (se manejaron con tratamiento farmacológico), seis pacientes del grupo III (fue necesario realizar cirugía para el manejo de la complicación sin riesgo de vida) y dos pacientes fueron del grupo IV (que fueron los pacientes que presentaron la disfunción valvular y que necesitaron cirugía para el recambio de éstas).

Discusión

Las deformidades espinales son un problema frecuente en pacientes neuromusculares, su incidencia es mucho más alta que en la población normal. Éstas, por lo general, involucran toda la columna, comprometiendo la pelvis en la mayoría de los casos. Debido a ello se producen desbalances importantes del tronco, tanto en el plano coronal como en el plano sagital. Tienden a progresar rápidamente en la adolescencia e inclusive luego de la maduración esquelética, principalmente en pacientes con un compromiso neurológico más severo. A diferencia de lo que ocurre en la escoliosis idiopática, el tratamiento ortésico es inefectivo. La utilización de ortesis puede ayudar a mantener el balance de sentado, pero en la mayoría de los casos no evita la progresión de la curva escoliótica. Generalmente, estos son poco tolerados y pueden causar ulceraciones en la piel.^{1,2,5,7,9,11}

El tratamiento quirúrgico es de elección en pacientes con deformidades espinales progresivas. Por lo regular, se realizan fusiones espinales largas, que en la mayoría de los casos incluye la pelvis. Los principales objetivos de la estabilización quirúrgica son: evitar la progresión de la deformidad escoliótica y de la oblicuidad pélvica, mejorar el balance del tronco y disminuir el dolor. Esto permite mejorar el balance

de sentado, la capacidad cardiorrespiratoria, la movilidad de miembros superiores y evitar úlceras por decúbito.^{14,15} La fusión espinal segmentaria instrumentada con inclusión de la pelvis es considerada la cirugía estándar para el tratamiento de las deformidades espinales en pacientes con mielomeningocele. Diferentes autores han documentado la eficacia de esta técnica, logrando fusiones espinales sólidas con mejoría de la oblicuidad pélvica y del balance del tronco.^{16,17,18} Estas cirugías están asociadas a un porcentaje alto de complicaciones peri- y postoperatorias. La incidencia varía, según las diferentes publicaciones, entre 25 y 75%. La infección es una de las complicaciones más frecuentes.^{19,20,21} Por lo general, está asociada con el grado de compromiso neurológico que presenta el paciente, la mala calidad de la piel en la región lumbosacra, poca higiene personal, desnutrición e infecciones del tracto urinario.^{22,23,24}

Con respecto a la oblicuidad pélvica, la técnica de Luque-Galveston es ampliamente utilizada desde que fue descrita en 1984, siendo considerada, en su momento, como el «estándar de oro» para la corrección de las deformidades espinales en pacientes neurológicos. En la actualidad, avances en la fusión espinal segmentaria han permitido la utilización de tornillos pediculares para corregir este tipo de deformidad e inclusive permite realizar la combinación de la técnica de Luque-Galveston con instrumental de tercera generación.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta serie de pacientes, el tratamiento quirúrgico mejoró el balance del tronco y la oblicuidad pélvica. Se observó también una mejor corrección de la curva escoliótica en el plano coronal, así como una mejor corrección de la oblicuidad pélvica en los pacientes que fueron fusionados hasta la pelvis, independientemente si se les realizó o no un tiempo anterior.^{25,26,27,28}

Los pacientes tratados solamente por vía posterior presentaron menor tiempo quirúrgico y menor estadía hospitalaria, mientras que los pacientes tratados mediante una doble vía quirúrgica presentaron mayor tiempo quirúrgico, mayor estadía hospitalaria y mayor incidencia de complicaciones, especialmente infecciones superficiales y profundas.

El porcentaje de corrección en el plano coronal fue de 42% para la curva escoliótica y de 44% para el balance coronal. En el plano sagital, la cifosis torácica y el balance sagital presentaron una corrección promedio de 21 y 41%, respectivamente, resultados que son comparables con estudios publicados en la literatura. Benson y colaboradores¹² reportan un porcentaje de corrección de 65% en pacientes tratados, mayormente, con una doble vía de abordaje y fusión posterior con la técnica de Luque-Galveston. Phillips y su equipo reportan una corrección promedio de 48% utilizando instrumental de tercera generación.²⁹

En nuestra serie de pacientes la corrección promedio obtenida de la oblicuidad pélvica fue de 43% en el último control. Gau y colaboradores²⁷ reportan 58 pacientes tratados con la técnica de Luque-Galveston con una corrección promedio de la oblicuidad pélvica de 53%. Lenke y colegas²⁶ publicaron una serie de pacientes con deformidades neuromusculares en donde comparan la técnica de Luque-

Galveston con la de tornillos ilíacos para la corrección de la oblicuidad pélvica, se observó que los tornillos ilíacos tienen la misma capacidad para corregir la deformidad pélvica presentando menos complicaciones.

En el último control de nuestra serie, se observó leve pérdida de la corrección de la escoliosis, la cifosis y la oblicuidad pélvica con respecto al postoperatorio inmediato, similar a lo publicado en la literatura, manteniendo, en todos los casos, un buen balance en el plano coronal y sagital.

La incidencia de complicaciones en nuestra serie fue de 32.5%, la infección fue la complicación más frecuente.^{22,30,31,32} Las infecciones más severas ocurrieron en los pacientes a los que se les realizó una doble vía de abordaje para el tratamiento de la deformidad espinal, posiblemente esto esté asociado a mayor tiempo quirúrgico, mayor pérdida sanguínea, una mayor hospitalización y deformidades severas. En un solo caso fue necesario el retiro del instrumental. La falla de instrumental se observó en tres pacientes, un desacople de los alambres a nivel torácico en uno de los pacientes que se utilizó la técnica de Luque-Galveston y dos desacoplos de los tornillos pélvicos. La falla del material de osteosíntesis se podría interpretar como falta de fusión vertebral o pseudoartrosis, de todos modos, en ninguno de los casos fue necesario colocar injerto óseo. Este estudio presenta algunas limitaciones: es un trabajo retrospectivo en el que se usaron varias vías de abordaje al igual que diferentes instrumentales.

Conclusión

Los resultados obtenidos en esta serie sugieren que los pacientes con mielomeningocele que presentan deformidades espinales progresivas se benefician con la cirugía espinal. Estas son cirugías muy demandantes y con alta incidencia de complicaciones. El objetivo principal de éstas, independientemente del instrumental que se use o la técnica quirúrgica aplicada, es lograr una fusión vertebral estable, bien balanceada y sin dolor, mejorando así la calidad de vida de estos pacientes.

Referencias

- Mummaredy N, Dewan MC, Mercier MR, Naftel RP, Wellons JC 3rd, Bonfield CM. Scoliosis in myelomeningocele: epidemiology, management, and functional outcome. *J Neurosurg Pediatr.* 2017; 20(1): 99-108.
- Brown HP. Management of spinal deformity in myelomeningocele. *Orthop Clin North Am.* 1978; 9(2): 391-402.
- Hull W, Moe JH, Winter RB. Spinal deformity in myelomeningocele: Natural history, evaluation and treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1974; 56:1767.
- Dias MS. Neurosurgical causes of scoliosis in patients with myelomeningocele: an evidence-based literature review. *J Neurosurg.* 2005; 103(1 Suppl): 24-35.
- Samuelsson L, Eklof O. Scoliosis in myelomeningocele. *Acta Orthop Scand.* 1988; 59(2): 122-7.
- Guille JT, Sarwark JF, Sherk HH, Kumar SJ. Congenital and developmental deformities of the spine in children with myelomeningocele. *J Am Acad Orthop Surg.* 2006; 14(5): 294-302.

7. Parsch D, Geiger F, Brocail DR, Lang RD, Carstens C. Surgical management of paralytic scoliosis in myelomeningocele. *J Pediatr Orthop B*. 2001; 10(1): 10-7.
8. Muller EB, Nordwall A, Odén A. Progression of scoliosis in children with myelomeningocele. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994; 19(2): 147-50.
9. Muller EB, Nordwall A. Brace treatment of scoliosis in children with myelomeningocele. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994; 19(2): 151-5.
10. Khoshbin A, Vivas L, Law PW, Stephens D, Davis AM, Howard A, et al. The long-term outcome of patients treated operatively and non-operatively for scoliosis deformity secondary to spina bifida. *Bone Joint J*. 2014; 96-B(9): 1244-51.
11. Murphy NA, Firth S, Jorgensen T, Young PC. Spinal surgery in children with idiopathic and neuromuscular scoliosis. What's the difference? *J Pediatr Orthop*. 2006; 26(2): 216-20.
12. Benson ER, Thomson JD, Smith BG, Banta JV. Results and morbidity in a consecutive series of patients undergoing spinal fusion for neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998; 23(21): 2308-17.
13. Sink EL, Leunig M, Zaltz I, Gilbert JC, Clohisy J; Academic Network for Conservational Hip Outcomes Research Group. Reliability of a complication classification system for orthopaedic surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(8): 2220-6.
14. Sibinski M, Synder M, Higgs ZC, Kujawa J, Grzegorzewski A. Quality of life and functional disability in skeletally mature patients with myelomeningocele-related spinal deformity. *J Pediatr Orthop B*. 2013; 22(2): 106-9.
15. Wai EK, Young NL, Feldman BM, Badley EM, Wright JG. The relationship between function, self-perception, and spinal deformity: Implications for treatment of scoliosis in children with spina bifida. *J Pediatr Orthop*. 2005; 25(1): 64-9.
16. Ko AL, Song K, Ellenbogen RG, Avellino AM. Retrospective review of multilevel spinal fusion combined with spinal cord transection for treatment of kyphoscoliosis in pediatric myelomeningocele patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(22): 2493-501.
17. Canaz H, Alatas I, Canaz G, Gumussuyu G, Cakan MA, Saracoglu A, et al. Surgical treatment of patients with myelomeningocele-related spine deformities: study of 26 cases. *Childs Nerv Syst*. 2018; 34(7): 1367-1374. doi: 10.1007/s00381-018-3731-z.
18. Schoenmakers MA, Gulmans VA, Gooskens RH, Pruijs JE, Helders PJ. Spinal fusion in children with spina bifida: influence on ambulation level and functional abilities. *Eur Spine J*. 2005; 14(4): 415-22.
19. Hatlen T, Song K, Shurtliff D, Duguay S. Contributory factors to postoperative spinal fusion complications for children with myelomeningocele. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(13): 1294-9.
20. Geiger F, Parsch D, Carstens C. Complications of scoliosis surgery in children with myelomeningocele. *Eur Spine J*. 1999; 8(1): 22-6.
21. Ollesch B, Brazell C, Carry PM, Georgopoulos G. Complications, results, and risk factors of spinal fusion in patients with myelomeningocele. *Spine Deform*. 2018; 6(4): 460-6.
22. Sponseller PD, LaPorte DM, Hungerford MW, Eck K, Bridwell KH, Lenke LG. Deep wound infections after neuromuscular scoliosis surgery: a multicenter study of risk factors and treatment outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(19): 2461-6.
23. Sharma S, Wu C, Andersen T, Wang Y, Hansen ES, Bunger CE. Prevalence of complications in neuromuscular scoliosis surgery: a literature meta-analysis from the past 15 years. *Eur Spine J*. 2013; 22(6): 1230-49.
24. Reames DL, Smith JS, Fu KM, Polly DW Jr, Ames CP, Berven SH, et al. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(18): 1484-91.
25. Kahanovitz N, Duncan JW. The role of scoliosis and pelvic obliquity on functional disability in myelomeningocele. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1981; 6(5): 494-7.
26. Peelle MW, Lenke LG, Bridwell KH, Sides B. Comparison of pelvic fixation techniques in neuromuscular spinal deformity correction: Galveston rod versus iliac and lumbosacral screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006; 31(20): 2392-8.
27. Gau YL, Lonstein JE, Winter RB, Koop S, Denis F. Luque-Galveston procedure for correction and stabilization of neuromuscular scoliosis and pelvic obliquity: a review of 68 patients. *J Spinal Disord*. 1991; 4(4): 399-410.
28. Banit DM, Iwinski HJ Jr, Talwalkar V, Johnson M. Posterior spinal fusion in paralytic scoliosis and myelomeningocele. *J Pediatr Orthop*. 2001; 21(1): 117-25.
29. Phillips JH, Gutheil JP, Knapp DR Jr. Iliac screw fixation in neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(14): 1566-70.
30. Vitale MG, Riedel MD, Glotzbecker MP, Matsumoto H, Roye DP, Akbarnia BA, et al. Building consensus: development of a Best Practice Guideline (BPG) for surgical site infection (SSI) prevention in high-risk pediatric spine surgery. *J Pediatr Orthop*. 2013; 33(5): 471-8.
31. Van Rhee MA, de Klerk LW, Verhaar JA. Vacuum-assisted wound closure of deep infections after instrumented spinal fusion in six children with neuromuscular scoliosis. *Spine J*. 2007; 7(5): 596-600.
32. Canavese F, Gupta S, Krajbich JI, Emara KM. Vacuum-assisted closure for deep infection after spinal instrumentation for scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90(3): 377-81.